

G-020

# 矛盾を含む知識体系を管理するシステムの考案と試作

## A Design and Implementation of a System to Manage Knowledge with Contradictions

佐々木 洋輔†  
Yousuke Sasaki

亀田 弘之‡  
Hiroyuki Kameda

### 1. はじめに

従来の知識処理システムの研究は主として、矛盾のない、不変の真理のみを扱ってきた[1,2]. しかし、実世界における知識には、情報の不完全性や不確定性、あるいは推論の不完全性や不健全性などのために、矛盾が含まれる場合がある. そのため、より知的で柔軟な知識処理システムを実現するためには、人間のように矛盾した知識にも対処できる仕組みを考案する必要がある.

このような見地から、本稿では、Festinger の認知的不協和理論[3]を元に、矛盾を可能な限り排除することなく、知識体系を管理するシステムを提案する. また、これを計算機上で試作・評価した結果についても報告する.

### 2. システムの理論

#### 2.1 認知的不協和理論の概要[3]

人間は、認知(自己の意見、態度、知識など)の相互間に、矛盾がないよう努力する. Festinger はこの考え方を厳密化し、認知は 1 つ以上の要素(認知要素)に分解されるとし、要素間の関係を以下の 3 つに分類した.

- ・ **協和** : 2 つの認知要素間に矛盾や葛藤のない関係
- ・ **不協和** : 2 つの認知要素間に矛盾や葛藤のある関係
- ・ **無関連** : 2 つの認知要素間に関連性がない関係

人間は、無矛盾性を確立するため不協和の低減を試みる. その低減の方法は、主に以下の 3 つが存在する.

- (i) 不協和な関係にある認知要素を変更
- (ii) 既存の認知と協和な認知要素を新たに追加
- (iii) 不協和な関係にある認知要素の重要性を減少

#### 2.2 矛盾した知識の管理方法

2.1 の理論を本研究で作成するシステムに適用するため、認知要素は知識のみとし、その記述には、前件と後件にそれぞれ高々 1 つの言明しか含まない、命題論理式 ( $X \Rightarrow Y$  など) を用いる. また、その他の諸概念を以下のように定義する.

(1) **矛盾**  $X \Rightarrow Y$  と  $X \Rightarrow \sim Y$  のように、前件が同じだが後件が相反する場合を矛盾として扱う.

(2) **認知要素の関係** 協和、不協和、無関連の 3 つの関係を以下のように定義する. なお以下では、認知要素  $C_1, C_2, \dots, C_m$  を根拠として、別の認知要素  $C'$  が論理的あるいは心理的に推論できることを、 $C_1, C_2, \dots, C_m, C'$  と表す.

(a) **協和**  $C_1, C_2, \dots, C_m, C'$  ならば、 $C_i$  と  $C_j$  は協和である ( $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq m$ ).

例 : ( $X \Rightarrow Y$ ) ( $Y \Rightarrow Z$ ) より、 $X \Rightarrow Z$  が推論できるため、 $X \Rightarrow Y$  と  $Y \Rightarrow Z$  は協和である.

(b) **不協和**  $C_1, C_2, \dots, C_m, C', D_1, D_2, \dots, D_n, D'$  であり、 $C'$  と  $D'$  が矛盾ならば、 $C_i, D_j$  のとき、 $C_i$  と  $D_j$  は不協和である ( $1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n$ ). また、協和であり不協和でもある場合には、不協和を優先する.

例 : ( $X \Rightarrow Y$ ) ( $Y \Rightarrow Z$ ) より、 $X \Rightarrow Z$  が推論でき、  
( $X \Rightarrow Y$ ) ( $Y \Rightarrow \sim Z$ ) より、 $X \Rightarrow \sim Z$  が推論できるため、 $Y \Rightarrow Z$  と  $Y \Rightarrow \sim Z$  は不協和である.

(c) **無関連** 協和でも不協和でもない場合が無関連である. また、以下では、協和・不協和を総称して**関連**と呼ぶ.

(3) **信頼度の導入** 本研究では、矛盾した知識を可能な限り排除せずに処理をおこなうため、2.1(iii)の方法を採用し、**信頼度**を導入した. これは、認知要素の重要性を数値化したもので、その知識の主観的な価値を表し、区間[0.0,1.0]の実数値をとる. 信頼度 0.0 はその知識がまったく信頼できないことを、信頼度 1.0 はその知識が完全に信頼できることを表す.

本研究では、信頼度の算出式を次のように定義した.

$$\begin{aligned} \text{知識 } K_i \text{ の信頼度 } R_i &= \frac{(K_i \text{ が真であることを裏付ける知識の数})}{(K_i \text{ に関連する知識の数})} \\ &= \frac{(K_i \text{ と協和な知識の数})}{(K_i \text{ と協和な知識の数}) + (K_i \text{ と不協和な知識の数})} \end{aligned}$$

### 3. 矛盾を含む知識体系を管理するシステム

本システムは、ActivePerl 5.6.1 によって作成した. 構成は図 1 のとおりである. 本システムでは、知識体系を知識の集合として表現している. また、知識関係テーブルには、知識間の関係(協和・不協和・無関連)が、2次元配列の形式で格納されている.

ユーザはコマンドによってシステムを操作し、知識ベースを管理する. 主なコマンドは、以下の 3 種類である.

- ・現在の知識体系の内容を表示
- ・新たな知識を現在の知識体系へ追加
- ・知識の信頼度の問い合わせ

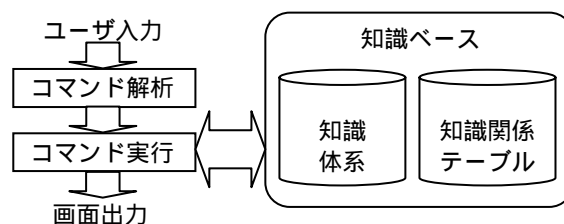


図 1 システム構成図

†東京工科大学大学院工学研究科 : Graduate School of Engineering, Tokyo University of Technology

‡東京工科大学工学部 : School of Engineering, Tokyo University of Technology

## 4. 実験

- (1) 目的 システムの有用性を確かめる。  
 (2) 方法 システムに順次、知識を追加入力し、各知識の信頼度の変化を調べる。  
 (3) 手順 表1に示した知識を順に入力し、1,3,5,7番目の知識を入力した直後で、各知識の信頼度を調べた。以下では、この4回の調査を順に、**測定1,2,3,4**と呼ぶ。  
 (4) 結果 実験の結果、各信頼度は表2のように、また、測定4の時点における知識間の関係テーブルは表3のようになった。なお表3において、+は協和を、-は不協和を、0は無関連を表している。  
 (5) 考察・検討

(a) **測定1** 知識がただ1つしか存在しない場合、矛盾する知識がないため、信頼度1.0となった。本システムでは、矛盾する知識が現れない限り、その知識は完全に信頼できるとみなす。

(b) **測定2** 既知の知識に対して、協和な知識だけを追加した場合は、(a)と同様の理由により、全知識の信頼度が1.0となった。

(c) **測定3** 既知の知識に対して、不協和な知識を追加した場合、Bird=>CanFlyの信頼度が下がった。これは、**ペンギンは飛べない鳥である**という例外を入力したために、**鳥は飛べる**という知識が、正しくない可能性が生じたためである。また、新たに追加した2つの知識の信頼度も、0.7, 0.3と低い。これは、知識ベース内に**鳥は飛べる**という知識が存在していることにより、**ペンギンは飛べない鳥である**という知識が正しくない可能性が生じているためである。一方、新たな知識とは無関係の**燕は飛べる鳥である**という知識の信頼度は変化していない。このように、本システムは無関係な知識に影響を与えることなく、例外に対処している。

(d) **測定4** 既知の知識に対して、不協和な知識をさらに追加した場合、不協和な知識の個数が増えたことで、Bird=>CanFlyの信頼度は下がった。従来の例外処理では、例外の数が増えようとも知識体系に与える影響に変化はない。しかし心理的には、例外知識の個数が多くなるにつれ、既知の知識が誤っている可能性は高まる。測定4の結果から、本システムはこの現象を具現している。

## 5. 本システムの限界とその解決方法

本研究では、矛盾を可能な限り排除することなく知識を管理するシステムを作成した。しかし、現段階では単に矛盾を排除しないだけにとどまり、矛盾を解消していない。従って今後は、本研究で提案した信頼度の算出方法を元に、矛盾を解消する方法を考える必要がある。本システムでは、2.1(iii)の方法を採用したが、矛盾の解消を実現するためには、(i),(ii)の方法も積極的に利用しなくてはならない。

(i)の実現方法としては、

- ・信頼度の低い知識の削除・知識体系からの分離
- ・信頼度の低い知識の真偽反転
- ・様相記号を用いた例外処理

などが考えられる。

一方、(ii)の実現には、システムが未知の知識を自動

表1 入力した知識

入力順	入力した知識	知識の意味
1	Bird=>CanFly	鳥は飛べる
2	Swallow=>Bird	燕は飛べる鳥である
3	Swallow=>CanFly	
4	Penguin=>Bird	ペンギンは飛べない鳥である
5	Penguin=>~CanFly	
6	Ostrich=>Bird	駝鳥は飛べない鳥である
7	Ostrich=>~CanFly	

表2 各時点における信頼度

番号	入力した知識	信頼度			
		測定1	測定2	測定3	測定4
1	Bird=>CanFly	1.0	1.0	0.8	0.7
2	Swallow=>Bird	-	1.0	1.0	1.0
3	Swallow=>CanFly	-	1.0	1.0	1.0
4	Penguin=>Bird	-	-	0.7	0.7
5	Penguin=>~CanFly	-	-	0.3	0.3
6	Ostrich=>Bird	-	-	-	0.6
7	Ostrich=>~CanFly	-	-	-	0.3

表3 最終段階における知識関係テーブル

番号	1	2	3	4	5	6	7
1	+	+	+	+	-	+	-
2	+	+	+	0	0	0	0
3	+	+	+	0	0	0	0
4	+	0	0	+	-	0	0
5	-	0	0	-	+	0	0
6	+	0	0	0	0	+	-
7	-	0	0	0	0	-	+

+ : 協和 - : 不協和 0 : 無関連

的に追加する仕組みとして、人間のような、知識の発見的獲得方法が必要である。

さらに、矛盾した知識の入力を受け入れるというシステム特性上、入力される知識の質やパターンによっては、信頼度が現実と乖離してしまう。そこで、本システムを複数動作させ、各システムが算出した信頼度を比較すれば、より客観的な信頼度を得られる。

## 6. おわりに

認知的不協和理論に基づき、矛盾を排除することなく知識体系を管理するシステムについて述べた。また、本手法の妥当性と問題点を確認した。

## 参考文献

- [1] Nolt, Rohatyn: “現代論理学,” オーム社(2001).  
 [2] 向後, 亀田: “矛盾とその処理方法に関する一考察,” 電情通学会信学技報, TL99-39, pp17-24(2000.3).  
 [3] フェスティンガー: “認知的不協和理論 - 社会心理学序説-, ” 誠信書房(1965).